

## Trabajo Fin de Grado

### SISTEMA MISTRAL SOBRE VEHÍCULO CADENA

Autor

Jorge Mateos Alejandro

Directores

TENIENTE. D. CARLOS BARRÓN SERNA  
D. ÁLVARO LOZANO ROJO

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2019



# Resumen

En este TFG abordaremos la implementación del sistema mistral sobre vehículos cadenas, que permitirá incrementar significativamente la operatividad de las maniobras antiaéreas como la conducción de las mismas.

Asimismo, esta nueva implementación permitirá a las unidades mecanizadas y acorazadas tener una mayor protección a baja y muy baja cota contra enemigos aéreos, debido a que durante la conducción de las maniobras, un punto débil de nuestros medios mecanizados es el espacio aéreo.

Además, actualmente, la batería mistral es incompatible con los medios mecanizados y acorazados a la hora de seguir con la maniobra, debido al hecho, que el sistema mistral se encuentra instalado en vehículos rueda y es incapaz de seguir la conducción tanto en velocidad como en capacidad de circular sobre terrenos irregulares.

Por ello, este Trabajo de Fin de Grado, pretenderá solucionar la instalación de un puesto de tiro sobre la barcaza de los vehículos cadenas y ver las ventajas que nos podría ofrecer esta posible nueva modernización para la mejora del Sistema Mistral.



# Abstract

In this TFG we will address the implementation of the mistral system on chain vehicles, which will significantly increase the operability of anti-aircraft maneuvers such as driving them.

Likewise, this new implementation will allow mechanized and armored units to have greater protection at low and very low levels against airborne enemies, because during the maneuvering, a weak point of our mechanized means is airspace.

In addition, currently, the mistral battery is incompatible with mechanized and armored means when continuing with the maneuver, due to the fact that the mistral system is installed in wheel vehicles and is unable to continue driving both in speed and in ability to move on uneven terrain.

Therefore, this Final Degree Project will try to solve the installation of a firing post on the barge of the chain vehicles and see the advantages that this possible new modernization could offer us for the improvement of the Mistral System.



## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi gratitud tanto a mi tutor militar, el TTE. D. Carlos Barrón Serna, como a mi director académico, el profesor D. Álvaro Lozano Rojo, por el constante apoyo recibido y por ayudarme en las vicisitudes que he tenido a lo largo de este trabajo, por contagiarme ese espíritu de trabajo y por involucrarse constantemente por mi evolución.

En segundo lugar, quería expresar mi mayor afecto al TTE. D. Jorge González Rubio, que a pesar de no ser mi tutor militar, se ha involucrado y ofreciéndome las ayudas necesarias para que este trabajo siguiese para adelante; en definitiva, un ejemplo a seguir.

Y para concluir con los agradecimientos, quisiera dar las gracias, a todos los integrantes de la Batería Mistral, por los conocimientos que han compartido conmigo y hacerme mejorar tanto profesional como personalmente en estas prácticas externas en el GACA XI.





# Índice

Resumen .....	iii
Abstract .....	v
Agradecimientos.....	vii
Índice de Ilustraciones.....	x
Índice de Tablas .....	x
Lista de Acrónimos .....	xii
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Concepto de Sistema Mistral.....	1
1.2. Objetivos y alcance del proyecto.....	1
1.3. Ámbito de aplicación.....	2
1.4. Estructura de la memoria.....	3
Capítulo 2. Estudio de la viabilidad. ....	4
2.1. Factibilidad de los vehículos cadenas en la actualidad .....	4
2.2. Análisis de los beneficios y/o problemas de los vehículos cadenas .....	5
2.3. Fase de comprobación experimental. ....	5
Capítulo 3. Elección de vehículo cadena.....	7
3.1. Comparativa de barcasas entre diferentes vehículos cadenas .....	7
3.1.1. M-113 MILAN 2T.....	7
3.1.2. M – 113 TOW .....	9
3.1.3. M – 577 A2.....	10
3.1.4. PIZARRO.....	11
3.1.5. Proceso subjetivo para la obtención de criterios .....	12
3.1.6. Conclusiones .....	13
3.2. Método AHP.....	14
3.2.1. Elección de criterios .....	14
3.2.2. Elaboración de encuestas.....	15
3.2.3. Figura del problema.....	16
3.2.4. Evaluación de criterios .....	17
3.2.5. Evaluación de alternativas.....	18

3.2.6. Jerarquización de alternativas.....	19
Capítulo 4. Implementación del puesto de tiro.....	20
4.1. Propuesta para la instalación del puesto de tiro.....	20
4.2. Análisis de riesgo .....	21
Capítulo 5. Conclusiones .....	24
5.1. Líneas Futuras .....	25
Capítulo 6. Bibliografía .....	26
Capítulo 7. Anexos .....	28
7.1. ANEXO A .....	28
7.1.1. Encuesta A.....	28
7.1.2. Encuesta B.....	30
7.1.3. Encuesta C.....	32
7.2. ANEXO B .....	34



## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Puesto de Tiro Mistral .....	1
Ilustración 2. M-113 MILAN 2T.....	7
Ilustración 3. M-113 PORTAMORTEROS DE 120 MM.....	8
Ilustración 4. M-113 TOW .....	9
Ilustración 5. M-577 A2 .....	10
Ilustración 6. Pizarro.....	11
Ilustración 7. Planteamiento del problema .....	16
Ilustración 8. Puesto de tiro Mistral.....	20
Ilustración 9. Puesto de tiro desmontado.....	21
Ilustración 10. Pregunta 1 Encuesta A.....	28
Ilustración 11. Pregunta 2 Encuesta A.....	28
Ilustración 12. Pregunta 3 Encuesta A.....	29
Ilustración 13. Pregunta 4 Encuesta A.....	29
Ilustración 14. Pregunta 5 Encuesta A.....	29
Ilustración 15. Escala de Saaty. [12] .....	30

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados encuesta B .....	15
Tabla 2. Resultados encuesta C (Criterio A) .....	15
Tabla 3. Resultados encuesta C (Criterio B) .....	16
Tabla 4. Resultados encuesta C (Criterio C) .....	16
Tabla 5. Resultados encuesta C (Criterio D) .....	16
Tabla 6. Introducción de criterios y alternativas .....	17
Tabla 7. Evaluación de criterios .....	18
Tabla 8. Evaluación de alternativas.....	18
Tabla 9. Jerarquización de alternativas.....	19
Tabla 10. Matriz de riesgos .....	22
Tabla 11. Clases de riesgos .....	22
Tabla 12. Análisis de Riesgo .....	34



# Lista de Acrónimos

AAA	Artillería Antiaérea
AOAD	Defensa de Organizaciones Operativas Terrestres.
CPR	Conjunto – Pila - Refrigerador
DAA	Defensa Antiaérea
GACA XI	Grupo de Artillería de Campaña XI
SAM	Misiles Superficie-Aire
SHORAD	Defensa Aérea de Corto Alcance
TI	Terminal Inteligente
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
V-SHORAD	Defensa Aérea de muy Corto Alcance



# Capítulo 1. Introducción

Durante la transición del Trabajo de Fin de Grado, se muestran las conclusiones obtenidas por el CAC Jorge Mateos Alejandro. El título del trabajo es “Sistema Mistral sobre vehículo cadena”.

## 1.1. Concepto de Sistema Mistral

El sistema mistral, es un sistema de armas V – SHORAD<sup>1</sup> (para baja y muy baja cota) cuyo alcance eficaz es de 5500 metros. Entre sus misiones encontramos:

1. Defensa de punto.
2. Defensa de zona.
3. Defensa de unidades.



Ilustración 1. Puesto de Tiro Mistral

El misil se compone de una cabeza buscadora de infrarrojos y los giróscopos (giróscopo y girómetro) imprescindible para realizar su guiado y pilotaje (ver Ilustración 1). El sistema de guiado es autoguiado directo pasivo por infrarrojos. El recorrido del misil es de navegación proporcional y su vuelo es estabilizado por cuatro aletas de control en configuración *canard* y otras cuatro aletas de sustentación localizadas en la parte trasera del misil.

Consta de un motor crucero (motor de combustible sólido de una etapa) y un motor de lanzamiento llamado *booster* que se desune cuando se ha utilizado y provee la aceleración necesaria al misil para que alcance su velocidad de sustentación. [1] [2]

## 1.2. Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo es analizar las ventajas y desventajas que nos aportaría el Sistema Mistral sobre vehículos cadenas, y si la instalación del mismo mejoraría nuestras opciones

---

<sup>1</sup> Del inglés: Very Short Range Air Defense



operativas a la hora de realizar sus misiones. Además, de realizar un análisis comparativo de diferentes vehículos cadenas, para su posterior elección.

Y para alcanzar dicho objetivos, se intentara conseguir los siguientes requisitos:

- Dar mayor movilidad operativa y táctica a las unidades del sistema mistral.
- Dotar al puesto mistral de una seguridad inmediata más eficaz.
- Ver la viabilidad del proyecto a la hora de la instalación

El alcance de este proyecto se basará en evaluar las capacidades de los distintos vehículos cadena frente a los vehículos rueda, analizando riesgos y ventajas y se tratará de diseñar un PT mistral sobre la opción más óptima, minimizando todos los riesgos posibles.

### 1.3. Ámbito de aplicación

La DAA es una parte fundamental de la defensa para que la vida cotidiana de un país como es el ámbito social, diplomático, económico, social... tenga un funcionamiento normal dentro de un país. La DAA se define como: *“El conjunto de todas las medidas diseñadas para anular o reducir la eficiencia de la acción aérea hostil, siendo la DAA la contribución de las unidades de superficie a la defensa aérea”*.

Las unidades de artillería antiaérea tienen un dominio de actuación que es el siguiente:

1. La defensa de puntos/zonas vitales de un país, así como la de ayudar las capacidades defensivas de otros sistemas de armas cuyas características difieren a las propias (como son el Hawk y el Mistral).
2. La DAA para la protección de organizaciones operativas cuando están presentes en diferentes escenarios dentro de un teatro de operaciones.

La organización de estas unidades se clasifican en:

- SAM<sup>2</sup>: Esta organización se caracteriza por tener un alcance eficaz de más de 8000 metros (son de media y gran altura)
- SHORAD<sup>3</sup>: Son aquellas organizaciones de AAA cuya cota es menor de 8000 metros (donde se integra el sistema Mistral).

El sistema Mistral, al encontrarse dentro de la organización SHORAD, sus cometidos principales, como se ha comentado anteriormente son de defensa de unidades al igual que de puntos vitales.

Pero el problema actual del sistema Mistral integrado en las unidades de nuestro Ejército, es que no cumple las necesidades que van surgiendo. Por ejemplo, con las nuevas

---

<sup>2</sup> Del inglés: Surface – Air Missile.

<sup>3</sup> Del inglés: Short Range Air Defense

actualizaciones que se están realizando a plataformas aéreas, el sistema Mistral no es capaz de contrarrestar las contramedidas infrarrojas que generan estas aeronaves. [2]

## **1.4. Estructura de la memoria**

La estructura de la memoria, se ha organizado de la siguiente manera. En un principio, se explica que es un PT mistral con sus alcances, objetivos y características más importantes y se continúa con el ámbito de aplicación, donde se expone el estado de arte del Sistema Mistral.

En el capítulo 2, veremos si es factible el intercambio de los vehículos cadenas por las ruedas. Posteriormente, expondremos las ventajas de ambos tipos de vehículos. Y por último, la fase de comprobación, dónde a partir de la experiencia obtenida por el autor de la memoria en el GACA XI se podrá llegar a una conclusión.

Siguiendo con la memoria, en el capítulo 3 realizamos una elección de un vehículo cadena para integrarle un PT Mistral. Para ello, se realizará una comparativa entre diferentes barcasas de vehículos cadenas operativos en la actualidad. Una vez dada una serie de características operativas de los diferentes vehículos, se procederá a realizar un análisis de decisión multicriterio para elegir un vehículo de forma objetiva.

Y por último, en el capítulo 4, se expondrá una posible instalación del PT en la barcaza del vehículo elegido, realizando un análisis de riesgos para que la instalación sea óptima y poder solucionar los riesgos más probables.

## Capítulo 2. Estudio de la viabilidad.

En este apartado, veremos si los vehículos cadena se encuentran en una posición factible para poder sustituir a los vehículos rueda actuales, argumentándolo con la dirección de futuro que quiere llevar el Ejército Español.

Posteriormente, analizaremos los problemas y/o beneficios de este posible intercambio (entre ruedas y cadenas).

Y por último, veremos qué ocurriría si los vehículos cadenas fueran implementados en nuestras pequeñas unidades con un puesto de tiro Mistral en su barcaza y a través de las experiencias obtenidas por el autor en el Grupo de Artillería de Campaña XI, comprobaremos si esas ventajas de implementar un PT Mistral en el vehículo cadena, pueden verse reflejadas [3] [4].

### 2.1. Factibilidad de los vehículos cadenas en la actualidad

Fue en 2015, cuando se inició la transformación del Ejército en áreas como la orgánica, doctrina, personal, material, adiestramiento e infraestructuras. Donde el objetivo principal de este tema es ser capaces de poder afrontar el ambiente de los diferentes teatros de operaciones en los cuales, se encuentra desplegado el Ejército Español en las siguientes décadas.

Por ello, el Ejército Español, decidió que su visión de futuro sea la Brigada 2035 [5]. Esta Brigada polivalente tiene una única dirección y son los 8x8 [6]. Cabe destacar que este blindado del futuro, está dotado de ruedas. Debido a que el Gobierno Español, defiende que estos vehículos son necesarios para la protección y seguridad de nuestros soldados, por el tema de haberse producido un ataque en el Líbano al vehículo predecesor, el BMR, donde se produjeron 6 muertes de nuestros soldados. Tras este incidente, tanto el Gobierno Español como el JEME, se dieron cuenta que los BMR se encuentran ya obsoletos y con su ciclo de vida ya cumplimentada.

Aunque esta visión de futuro tardará bastante tiempo en hacerse una realidad, debido a los numerosos proyectos que tiene en mano el Ejército Español. Como son por ejemplo: el dron MALE, la nueva versión del helicóptero Tigre, los nuevos NH-90 o las nuevas bases para ayudar en el ámbito logístico en las operaciones europeas [7].

Aunque a pesar de los numerosos proyectos los cuales está involucrado el Ejército Español, hasta un plazo estimado de 15 a 20 años, la tecnología para fabricar los 8x8 no se han desarrollado lo suficiente para una mayor capacidad de combate y de protección.

Además, si nos fijamos en otros países, podemos observar el ejemplo que está tomando Alemania con este debate, donde trabajan con ambos vehículos a la vez de una manera muy satisfactoria y se puede observar con el uso conjunto del Puma y el Boxer.

Por lo tanto, bajo el punto de vista del autor, el cambio entre estos dos tipos de vehículos es factible a pesar de la dirección de futuro que quiere el Ejército, tanto por la falta de crédito como por los numerosos proyectos que se están realizando simultáneamente.

## **2.2. Análisis de los beneficios y/o problemas de los vehículos cadenas**

Uno de los principales problemas que nos puede presentar los vehículos cadenas es la falta de velocidad si los comparamos con los vehículos rueda.

Además, si se utiliza los vehículos cadenas por zonas urbanas es muy difícil que no causen ningún daño como por ejemplo son las calles, como se mostró en un informe realizado por la empresa *RAND Corporation* en 2017 cuando Estados Unidos realizaba una operación de mantenimiento de paz en Kosovo.

Asimismo, un tema a destacar es el mantenimiento que supone un vehículo rueda frente a un vehículo cadena. Actualmente, el Ejército tiene cualquier tipo de repuestos para los vehículos rueda; en cambio, para los vehículos cadenas no. Como por ejemplo son las cadenas o las barras de torsión.

Y la última desventaja que sufren las cadenas es el sigilo. Esta área es muy importante debido a que los enemigos podrían detectar a nuestros medios en menos tiempo que con las ruedas.

Pero por otro lado, debemos tener en cuenta que un factor importantísimo en nuestro Ejército es la operatividad que deben tener nuestros medios para el cumplimiento de las misiones encomendadas.

Enfocándonos en el ámbito de la movilidad, las cadenas nos ofrecen una superioridad la cual no está al alcance de las ruedas. Los vehículos cadena nos permiten tener una movilidad plena por cualquier tipo de terreno. En cambio, los vehículos ruedas no podrían moverse por terrenos irregulares.

La capacidad de supervivencia que tienen los vehículos cadenas es muy superior a las ruedas. Esta afirmación se realizó en 1998 por el Ejército Estadounidense, donde se decía: *“Desde la perspectiva de la capacidad de supervivencia, los vehículos de cadenas ofrecen siluetas más pequeñas, volumen reducido, mayor maniobrabilidad y mejor protección balística, lo que proporciona un equilibrio, que supone una plataforma más capaz de sobrevivir”* [8].

En definitiva, llegamos a la conclusión que los vehículos cadenas, son mejores tanto en la movilidad, supervivencia, capacidad de tracción, flexibilidad de empleo, movilidad campo a través, maniobrabilidad y radio de giro. Aunque los vehículos rueda, en el ámbito logístico, es superior a las cadenas.

## **2.3. Fase de comprobación experimental.**

Se pudo comprobar en el GACA XI, cuando se realizaban ejercicios de instrucción dando apoyo a otros Batallones de la Brigada “Extremadura” XI, que no se podía seguir el desplazamiento operativo de las unidades apoyadas, ya que tenían que utilizar itinerarios alternativos, siendo estos lo más regulares posible.

Además, la experiencia de los mandos del grupo, afirman que si el sistema mistral estuviese montado sobre un vehículo cadena, se ahorraría mucho tiempo, ya que no haría

falta desmontar el PT y solo sería quitar el misil, y así, podríamos ser más rápidos a la hora del acompañamiento a unidades como infantería mecanizada, acorazadas, caballería, etc. Y realizar los cambios de asentamientos mucho más rápido.

Otro punto que se pudo comprobar es que si se utilizaran vehículos cadenas se obtendría un mayor espacio de almacenamiento y la protección balística sería muy superior con respecto a los vehículos ruedas. Y esto sería muy beneficioso, pues si la protección es baja sería contraproducente para el material sensible portado, debido a que se lleva visores, cámaras térmicas, los misiles, las CPR,...

Por otro lado, cabe destacar la seguridad de los operadores. Este hecho, preocupa mucho a los mandos, ya que el operador del PT Mistral, a la hora del movimiento del vehículo, debe sentarse en unos asientos al lado del sistema por la falta de espacio en la cabina del vehículo. El hecho de sentarse en esos asientos, supone un gran riesgo para sus vidas, ya que, el vehículo rueda, al ser mucho más inestable que los vehículos cadenas, son más propensos de volcar y por lo tanto, un peligro para sus vidas al poder ser aplastados por el vehículo.

Por lo tanto, los vehículos cadenas serían una opción bastante factible para poder implementar un PT Mistral. Las características principales, por las cuales el autor ha llegado a esta conclusión, es por la operatividad que nos aporta independientemente del terreno al que se enfrente, la seguridad que proporciona a nuestros operadores y el aumento tanto de la capacidad de carga como de la protección balística.

## Capítulo 3. Elección de vehículo cadena

### 3.1. Comparativa de barcazas entre diferentes vehículos cadenas

Sabiendo, tras lo comentado anteriormente, que los vehículos cadenas sería una opción muy beneficiosa para las pequeñas unidades, vamos a analizar y profundizar, si existe una barcaza óptima para el uso efectivo del Sistema Mistral.

Para ello, realizaremos un análisis comparativo entre diferentes barcazas de diferentes vehículos cadenas, exponiendo además sus ventajas y desventajas.

Estos vehículos han sido elegidos por la facilidad de integración de un PT Mistral en sus respectivas barcazas.

#### 3.1.1. M-113 MILAN 2T



Ilustración 2. M-113 MILAN 2T

En la ilustración 2, podemos observar un vehículo transformado de los antiguos TOA's porta-personales, ya que ha aumentado considerablemente el espacio para poder trasladar personal además de material de combate, con respecto al resto de vehículos que posteriormente se mostrarán.

Las dimensiones de este vehículo son:

- Longitud: 4,86 metros.
- Anchura: 2,68 metros.
- Altura: 2,5 metros.

En este tipo de vehículo, se puede cambiar la configuración de transporte según se organice el material...

Esto nos traería grandes beneficios, al tener una gran cantidad de espacio, se podría almacenar más de siete misiles (más de los misiles que se pueden transportar hoy en día en los actuales vehículos rueda). Además, sería más seguro para la tripulación ya que no estarían expuestos a cualquier tipo de ataque enemigo. También se reducirían las vibraciones que supone realizar la conducción por zonas irregulares.

Además, un dato muy importante es ver cómo el radio del afuste del PT Mistral son 90 centímetros, al igual que el del lanzagranadas instalado.

Y por último, la salida de posición para posibles cambios de asentamientos, sería mucho más rápido, al no tener que desmontar el puesto de tiro, y lo único que tendría que hacer el apuntador-tirador sería entrar dentro de la barcaza del vehículo.

### **M – 113 PORTAMORTERO DE 120 MM**



**Ilustración 3. M-113 PORTAMORTEROS DE 120 MM**

El M-113 Portamorteros de 120 mm<sup>4</sup> fue un vehículo adaptado para poder portar morteros sobre vehículos cadenas y seguir el movimiento de la maniobra de las unidades a las que apoya.

En la ilustración 3 podemos observar, un claro problema y es el rebufo que generaría el mistral al realizar el disparo, ya que entraría dentro de la barcaza y dejaría sin visibilidad

<sup>4</sup> Toda la familia de los M-113 tienen las mismas dimensiones con respecto a longitud, anchura y altura.



ninguna al apuntador-tirador, porque no es lo mismo lanzar con un mortero, que no necesitas ver el objetivo que con un misil, que tienes que enganchar la amenaza para poder abatirlo.

Por lo tanto, podríamos descartar este vehículo para una posible implementación del sistema misil.

### 3.1.2. M – 113 TOW



**Ilustración 4. M-113 TOW**

En la ilustración 4 nos encontramos con el M-113 TOW. Este vehículo tiene una gran desventaja y es que los dos sistemas de armas que se encuentran en la barcaza del vehículo, no tienen un movimiento solidario. Esto podría tener graves consecuencias como por ejemplo, si nos encontramos una amenaza a retaguardia, el rebufo que produce la combustión de la carga de proyección iría directamente a la posición en la que se encuentra el operador de la ametralladora y le causaría grandes daños físicos que le incapacitarían para poder realizar su trabajo.

Por otro lado, la ventaja fundamental de este vehículo frente al M-113 Milan 2T es la capacidad de almacenamiento. Y esto es porque podríamos portar más de los siete misiles que puede almacenar un vehículo rueda actual. Asimismo, podemos repartir las herramientas de mantenimiento del vehículo en los alrededores de su barcaza.



### 3.1.3. M – 577 A2



**Ilustración 5. M-577 A2**

Este vehículo tiene una dimensión de 2,70 metros de altura y 4,90 metros de ancho. Está diseñado como puesto de mando, ya que en el interior de la barcaza tiene un espacio considerable para poder introducir las radios que enlazan con los diferentes puestos de la pequeña unidad, además de poder encontrarse en su interior, el personal necesario para la operatividad del vehículo.

A pesar de que este vehículo este diseñado como puesto de mando, se podría realizar una remodelación en su interior para aumentar la capacidad de carga para misiles y material sensible que necesita un PT Mistral (superando con creces a los vehículos rueda actuales).

En la fotografía podemos observar, que en la parte de arriba de la barcaza, el sistema mistral no tendría ningún problema para incorporar el afuste del puesto de tiro mistral, y no tiene nada a su alrededor que pudiera perjudicar al realizar el disparo.

Aunque la mayor desventaja que presenta este vehículo frente al M-113 Milán 2T es la falta del arma complementaria. Ya que el conductor deberá realizar una perimétrica para una defensa inmediata por si aparece algún enemigo en las inmediaciones del puesto de tiro, y por tanto perderíamos mucho tiempo a la hora del cambio de asentamiento, debido a que el conductor no se encontraría en su puesto.

Para finalizar, este vehículo podría ser un vehículo de los elegidos para incorporar el sistema mistral, debido a la gran capacidad tanto de material como de personal, además de no tener ningún elemento en la capa exterior de la barcaza que pueda reducir el sector de tiro del puesto de tiro mistral.

### 3.1.4. PIZARRO



Ilustración 6. Pizarro

El Pizarro es un carro de combate ligero, el cual, está equipado con un cañón de 105 mm, además de tener incorporado una lanzadera de misiles anticarro, un portador de morteros y, en este caso, lo que más nos importa, una lanzadera de misiles antiaéreos.

El Pizarro, fue una modernización de los M-113, mencionados anteriormente. Con esto ¿qué quiero decir? Que prestan todas las ventajas de las que nos dotaban los vehículos cadenas anteriores. Tanto la seguridad y protección que ofrecen a la tripulación, como el incremento para transporta las municiones,...

Pero hay que destacar un serio problema que nos supone el Pizarro, y es la torreta.

Una ventaja que hemos pasado por alto, por ser algo normal, de los anteriores vehículos es que la capa exterior de las barcasas, no tenían nada; es decir, no tenían ningún elemento que las hiciese girar, el puesto era un elemento estático y aquí es donde se quiere indagar. El problema principal de la torreta es que tiene un sector de tiro de 360°, esto lo que nos supone es que cuando gira la torreta, si tenemos implementado el puesto de tiro en la barcaza, giraría simultáneamente el puesto de tiro, esto supondría un gran inconveniente si tenemos una amenaza combinada, es decir, tanto por tierra como por aire, no se podrían neutralizar a ambos enemigos simultáneamente y supondría un gran riesgo para nuestra tripulación.

Además, este vehículo es demasiado vistoso, tanto por sus dimensiones como por su firma térmica y acústica, ya que como hemos comentado en el método científico, una de las mayores ventajas del sistema mistral es su factor sorpresa, y con estas propiedades pondríamos en jaque estas ventajas.

Podemos sacar en claro, que este vehículo, es un vehículo muy operativo, pero no para el sistema Mistral. El sistema mistral es para dar apoyo a otras unidades, estando a retaguardia de las mismas, y con estos vehículos, estaríamos desaprovechando una capacidad de combate enorme, que podrían aprovechar perfectamente otras unidades.

Por lo tanto, siendo objetivos, descartaríamos este carro de combate, a pesar de ser muy eficaz para la neutralización y destrucción de los enemigos, incorporando el sistema mistral, no se estaría aprovechando las ventajas que nos aporta, además, de perjudicar a los operadores del mistral por las firmas que emite, sin olvidar que el puesto de tiro es incompatible con la torreta del Pizarro. [9]

### **3.1.5. Proceso subjetivo para la obtención de criterios**

En este apartado, se procederá a explicar las respuestas que se dieron a través de una encuesta realizada a los mandos de la 4ª Batería Mistral del GACA XI, donde se obtendrán los criterios clave que debería tener un vehículo cadena si se le quiere instalar un puesto de tiro Mistral.

La encuesta que se realizó se puede consultar en el Anexo A (Encuesta A):

En la primera pregunta (Ilustración 10) de la encuesta, el 75% de los mandos de la batería mistral reafirman el uso necesario de un arma complementaria para el aseguramiento tanto del vehículo como el del puesto de tiro, además ven un factor muy importante el incremento de la seguridad a nivel de personal en ambientes hostiles.

En la segunda pregunta (Ilustración 11), lo que se buscaba es que si en el supuesto de haber un arma que complementa la seguridad del vehículo si sería beneficioso que hubiese un movimiento solidario.

Aquí la respuesta fue uniforme, es necesario que sea simultáneo el movimiento. ¿Por qué? Básicamente por el cumplimiento de las normas de seguridad de las armas de fuego.

Un ejemplo que dio un experto fue el siguiente: “si usted quiere lanzar un misil mistral, a retaguardia del puesto de tiro no puede haber nada, condición necesaria para realizar el disparo. Si hubiese un operador con un arma complementaria, no se podría efectuar la deflagración de la carga de proyección del misil, para no que resultase gravemente herido el operador del arma complementaria”.

Es cierto, que el aumento de la visibilidad del terreno, añadiendo un operador más, es importante. Pero actualmente, el ejército tiene un gran problema y es, la escasez de personal de tropa. Por lo tanto, sería inviable, un operador adicional para el vehículo.

En la tercera pregunta (Ilustración 12), las respuestas se ven más orientadas a las necesidades que han sufrido cada uno de los mandos que realizaron esta encuesta.

En primer lugar, está claro, que el aumento de la capacidad del material para el combate es muy importante, ya que si se aumenta la capacidad de misiles a desplazar, reduciríamos grandes gastos logísticos por temas de transporte y uso de personal que se podrían emplear en otro tipo de misiones.

Por otro lado, muchos mandos han sufrido la escasez de personal, y es un gran problema a la hora de poder realizar los objetivos mandados. Sin personal, es inviable el cumplimiento de la misión, y por consiguiente, ven más necesario el cumplimiento de la misión, que incrementar el coste logístico.

Pero, ¿qué ocurre si somos capaces de incrementar ambas necesidades? Pues conseguiríamos las condiciones óptimas para solventar los dos grandes problemas del Ejército Español, dinero y personal. Y esto podemos conseguirlo con el M – 113 MILAN 2T o el M-577 A2, según las opiniones del grupo de expertos.

En la penúltima pregunta (Ilustración 13) fue la más debatida, debido a la potencia de fuego. Es un hecho, que un vehículo con una mayor potencia de fuego, como es el Pizarro, siempre es una garantía a la hora de movimientos tácticos y aumento de la protección del vehículo. Pero el problema de este tipo de vehículos, son las firmas acústicas que generan. Actualmente, las aeronaves que se fabrican tienen numerosos sensores capaces de detectar vibraciones en el aire de una forma asombrosa, y podrían localizar nuestra posición en cuestión de segundos.

Por ello, más de la mitad de los mandos, prefieren perder esa potencia de fuego y evitar ser detectados por las aeronaves enemigas.

Y por último, la quinta y última pregunta (Ilustración 14), podemos observar como la respuesta fue contundente. El sistema mistral no debe depender del movimiento de ningún elemento externo. La amenaza aérea, al ir a gran velocidad, solo es capaz de seguir el movimiento el operador del puesto de tiro, y no depender de la capacidad de reacción que pueda tener otro operador que no sea el que enganche al enemigo.

### **3.1.6. Conclusiones**

En este apartado, llegamos a la conclusión de lo fácil que nos supondría cambiar el lanzagranadas, ya que el afuste del lanzagranadas es igual al del sistema mistral actual, con un diámetro de 0,9 metros (Medido de forma presencial durante la instancia en la Brigada “Extremadura” XI, al igual que el afuste del PT Mistral.). El coste de este cambio de afuste sería mínimo, porque solamente tendríamos que quitar el sistema mistral del vehículo rueda que esta acoplado y posteriormente instalarlo en el vehículo elegido.

Otra gran ventaja es el arma complementaria que tendría un movimiento solidario al sistema mistral. Este peculiar avance, nos aportaría una defensa inmediata, con una gran potencia de fuego para barrer zonas donde el enemigo nos pudiese atacar. Asimismo, debemos destacar, que ambos sistemas de armas son utilizados por el mismo operador. Esto nos ofrece un sinfín de beneficios con respecto a la conducción de la maniobra, porque si aparece una amenaza durante la ejecución de la misión, el apuntador – tirador podría neutralizarlo o destruirlo sin ningún tipo de problema.

Además, el sistema mistral para poder dar protección a la unidad designada, tiene que tomar diferentes itinerarios para ocupar las zonas planeadas y puede verse envuelto en este tipo de ambientes. Por ello, con esta medida evitaríamos que el conductor tuviese que salir de su puesto, para realizar él la defensa perimétrica que se les exige, aunque

contásemos con la protección de la unidad a la que apoyamos. Al no salir el conductor, reduciríamos el tiempo de salida de posición del puesto de tiro y seríamos más eficaces a la hora de seguir la maniobra de las unidades apoyadas, por no hablar del gran incremento en la seguridad de nuestros soldados.

Además, como mandos, tenemos el deber de resaltar la importancia de minimizar las firmas que generan estos vehículos para poder mantener el factor sorpresa, para el cumplimiento de la misión encomendada.

Por lo tanto, los criterios más importantes que debe tener un vehículo para la instalación de un PT son los siguientes<sup>5</sup>: **Arma complementaria al PT, el espacio del vehículo, tener una potencia de fuego capa de neutralizar a enemigos terrestres y la firma acústica que generan los diferentes vehículos.**

## 3.2. Método AHP

El método AHP<sup>6</sup> lo que nos va a permitir es elegir el vehículo cadena más eficaz para el PT. Además, es una herramienta muy eficaz debido a que el objetivo a obtener está influenciado por diferentes criterios y se conseguirá cuando podamos obtener el vehículo cadena óptimo.

En definitiva, para la realización del método AHP, se seguirán diferentes pasos a seguir:

- Elección de criterios.
- Elaboración de encuestas (véanse en el Anexo A, Encuestas B y C):
- Uso de la aplicación del método AHP: Una vez obtenidos los resultados tras usar la aplicación (que utiliza la escala de Saaty), podemos llegar a la conclusión de nuestro objetivo.

### 3.2.1. Elección de criterios

Como se ha comentado en el apartado anterior, los criterios seleccionados han sido sacados de la encuesta realizada a los mandos de la Batería Mistral (Capitán, Teniente, Brigadas, Sargentos Primeros y Sargentos). En esta encuesta, el autor de esta memoria propone unos criterios iniciales, y los encuestados son los encargados de opinar sobre los criterios obtenidos de la Encuesta A, eligiendo los criterios más importantes de los ya propuestos (la encuesta se puede consultar en el apartado 3.1.6 de la memoria).

Por tanto, el resultado final de los criterios para realizar dicha metodología son:

A. Arma complementaria al PT.

<sup>5</sup> Como este tema es algo muy novedoso, no se encuentra ningún manual para poder comprobar qué criterios principales deberían tener estos vehículos cadenas. Por ello, dichos criterios se importarán de la experiencia de los diferentes mandos de la batería Mistral.

<sup>6</sup> Del inglés Analytic Hierarchy Process



- B. Espacio del vehículo.
- C. Potencia de fuego.
- D. Firma Acústica.

Y las alternativas son:

- E. M-113 Milán 2T
- F. M-113 Portamorteros de 120 mm.
- G. M-113 TOW.
- H. M-577 A2.
- I. PIZARRO.

### 3.2.2. Elaboración de encuestas

En este apartado, utilizaremos los criterios que hemos sacado de la Encuesta A (véase en el Anexo A), para evaluar la opinión del siguiente personal: Coronel de la Brigada “Extremadura” XI, Teniente Coronel, jefe de Grupo del GACA XI y el Comandante, auxiliar del Teniente Coronel, debido a que el siguiente personal nombrado, son los que mejor conocen la táctica en la que puede emplearse el Sistema Mistral y tienen un conocimiento mucho más global del material propuesto.

Los resultados obtenidos de la encuesta B (véase en el Anexo A) son:

PARES DE CRITERIO	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D	C-D
PREFERIDO Y GRADO	A,3	A,7	A,5	B,1	B,1	D,3

Tabla 1. Resultados encuesta B

Examinando los resultados obtenidos, se puede comprobar que el criterio A “Arma complementaria al puesto de tiro” es el más prioritario, siguiéndolo el criterio B (“Espacio del vehículo”).

Los resultados de la Encuesta C (véase en el Anexo A) que se van a presentar a continuación, nos indica en que alternativa es más importante el criterio seleccionado. Por ejemplo en la Tabla2, podemos observar como en el cruce de la segunda fila con la segunda columna, la alternativa E tiene “una preferencia muy fuerte o demostrada” con respecto a la alternativa F en relación con el criterio A (Arma complementaria).

Los resultados son:

CRITERIO A	E-F	E-G	E-H	E-I	F-G	F-H	F-I
PRIORIDAD	E,7	E,7	E,3	E,1	F,3	H,3	I,5
CRITERIO A	G-H	G-I	H-I				
PRIORIDAD	H,3	I,3	I,5				

Tabla 2. Resultados encuesta C (Criterio A)

CRITERIO B	E-F	E-G	E-H	E-I	F-G	F-H	F-I
PRIORIDAD	E,7	E,1	E,1	E,3	G,3	H,7	I,3
CRITERIO B	G-H	G-I	H-I				
PRIORIDAD	H,3	G,5	H,5				

Tabla 3. Resultados encuesta C (Criterio B)

CRITERIO C	E-F	E-G	E-H	E-I	F-G	F-H	F-I
PRIORIDAD	E,5	E,5	E,3	E,1	G,3	H,5	I,5
CRITERIO C	G-H	G-I	H-I				
PRIORIDAD	G,1	I,3	I,5				

Tabla 4. Resultados encuesta C (Criterio C)

CRITERIO D	E-F	E-G	E-H	E-I	F-G	F-H	F-I
PRIORIDAD	F,3	E,1	H,3	E,3	F,1	H,3	F,5
CRITERIO D	G-H	G-I	H-I				
PRIORIDAD	G,1	G,5	H,3				

Tabla 5. Resultados encuesta C (Criterio D)

### 3.2.3. Figura del problema

En este apartado se mostrará el problema de qué vehículo cadena sería ideal para el PT, a partir de un diagrama de árbol.

En este diagrama podemos ver que está dividido en el objetivo a conseguir, los criterios más importantes para la elección del vehículo y las diferentes alternativas a escoger.

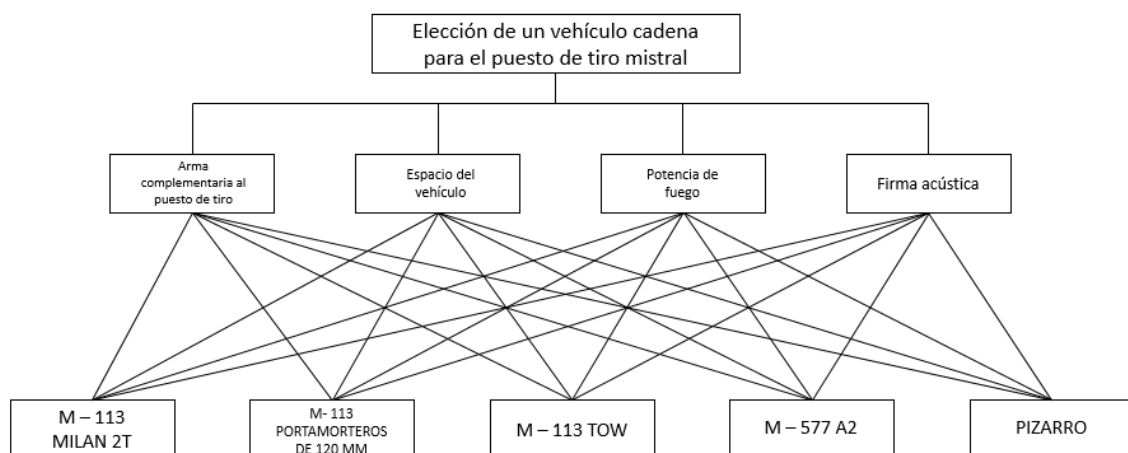


Ilustración 7. Planteamiento del problema

Después de conocer el objetivo a conseguir, los criterios a usar y las alternativas a elegir, vamos a usar una aplicación donde se encuentra implementado el método AHP [9]. Y se procederá a mostrar los pasos utilizados.

En primer lugar se introduce el problema planteado (Ilustración 11):

**Tabla 6. Introducción de criterios y alternativas**

Una vez tenemos todos los datos introducidos, empezamos a realizar la evaluación de criterios y la evaluación de las alternativas.

### 3.2.4. Evaluación de criterios

En este apartado introducimos los valores que se han obtenido en la encuesta B (véase en Anexo A), siendo las opiniones de los tres expertos, para la realización de la matriz de importancia relativa entre criterios (véase Ilustración 13).



Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS

CRITERIOS	Arma	Espacio del	Potencia de	Firma Acústica
Arma Compleme...	1	3	7	5
Espacio del Veh...	1/3	1	1	1
Potencia de Fue...	1/7	1	1	1/3
Firma Acústica	1/5	1	3	1

PESOS(W)

0,59
0,15
0,10
0,17

Escala de SAATY

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada v 1/3
5	c - Importancia Grande v 1/5
7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
9	e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0,0670

Calcular

< Volver Datos AHP

Tabla 7. Evaluación de criterios

Con estos valores introducidos, calculamos la razón de inconsistencia (RI). “Este índice indica el grado de incoherencia que se comete al calificar la importancia relativa de los criterios y alternativas de un problema” [10]

En nuestro caso, como la RI es menor de 0,10, podemos continuar con el problema debido a que nuestros datos son consistentes.

Por otro lado, la matriz de pesos (W) nos muestra la importancia de cada criterio con respecto a los demás. Podemos observar en la ilustración 14, que el criterio mejor valorado es el arma complementaria.

### 3.2.5. Evaluación de alternativas

En este apartado vamos a tasar las diferentes alternativas para cada uno de los criterios anteriores. Se añaden los valores que se han obtenido de la Encuesta C (Anexo A). Como en el apartado anterior, tenemos tanto la matriz de pesos (W), como la relación de inconsistencia.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

R.I. : 0,0976

Arma complement...	M-113 MILAN 2T	M-113 PORTAMOF	M-113 TOW	M-577 A2	PIZARRO
M-113 PO...	1/7	1	3	1/3	1/5
M-113 TOW	1/7	1/3	1	1/3	1/3
M-577 A2	1/3	3	3	1	1/5
PIZARRO	1	5	3	5	1

PESOS(W)

0,38
0,08
0,06
0,13
0,35

R.I. : 0,0643

Espacio	M-113 MILAN 2T	M-113 PORTAMOF	M-113 TOW	M-577 A2	PIZARRO
M-113 PO...	1/7	1	1/3	1/7	1/3
M-113 TOW	1	3	1	1/3	5
M-577 A2	1	7	3	1	5
PIZARRO	1/3	3	1/5	1/5	1

PESOS(W)

0,28
0,05
0,22
0,38
0,08

R.I. : 0,0629

Potencia de fuego	M-113 MILAN 2T	M-113 PORTAMOF	M-113 TOW	M-577 A2	PIZARRO
M-113 MI...	1	5	5	3	1
M-113 PO...	1/5	1	1/3	1/5	1/5
M-113 TOW	1/5	3	1	1	1/3
M-577 A2	1/3	5	1	1	1/5
PIZARRO	1	5	3	5	1

PESOS(W)

0,35
0,05
0,11
0,13
0,36

R.I. : 0,0876

Firma acústica	M-113 MILAN 2T	M-113 PORTAMOF	M-113 TOW	M-577 A2	PIZARRO
M-113 MI...	1	1/3	1	1/3	3
M-113 PO...	3	1	1	1/3	5
M-113 TOW	1	1	1	1	5
M-577 A2	3	3	1	1	3
PIZARRO	1/3	1/5	1/5	1/3	1

PESOS(W)

0,14
0,24
0,23
0,33
0,06

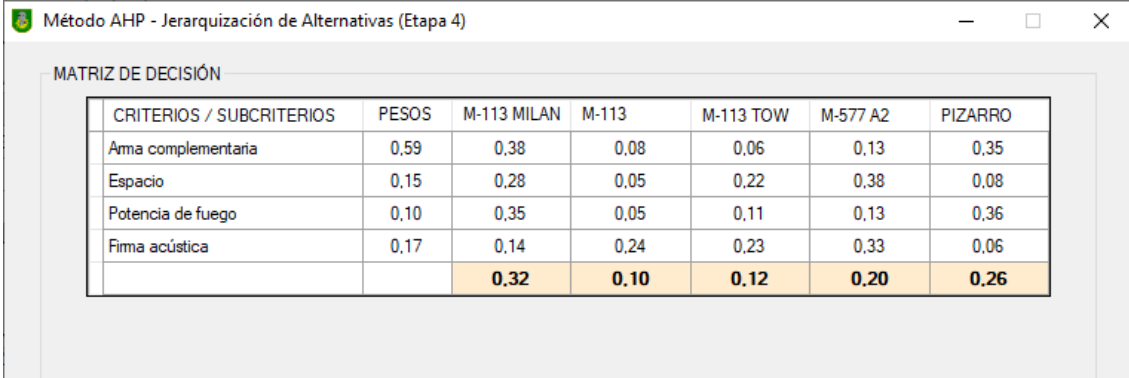
Calcular

< Volver

Tabla 8. Evaluación de alternativas

### 3.2.6. Jerarquización de alternativas

Ya para acabar, procedemos a examinar que alternativa es la más destacada debido a los criterios implantados, se compone una matriz de decisión de todos los pesos relativos obtenidos de las matrices anteriores.



The screenshot shows a software window titled "Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)". Inside the window, there is a section labeled "MATRIZ DE DECISIÓN" containing a table with the following data:

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	M-113 MILAN	M-113	M-113 TOW	M-577 A2	PIZARRO
Ama complementaria	0,59	0,38	0,08	0,06	0,13	0,35
Espacio	0,15	0,28	0,05	0,22	0,38	0,08
Potencia de fuego	0,10	0,35	0,05	0,11	0,13	0,36
Fima acústica	0,17	0,14	0,24	0,23	0,33	0,06
		<b>0,32</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,20</b>	<b>0,26</b>

**Tabla 9. Jerarquización de alternativas**

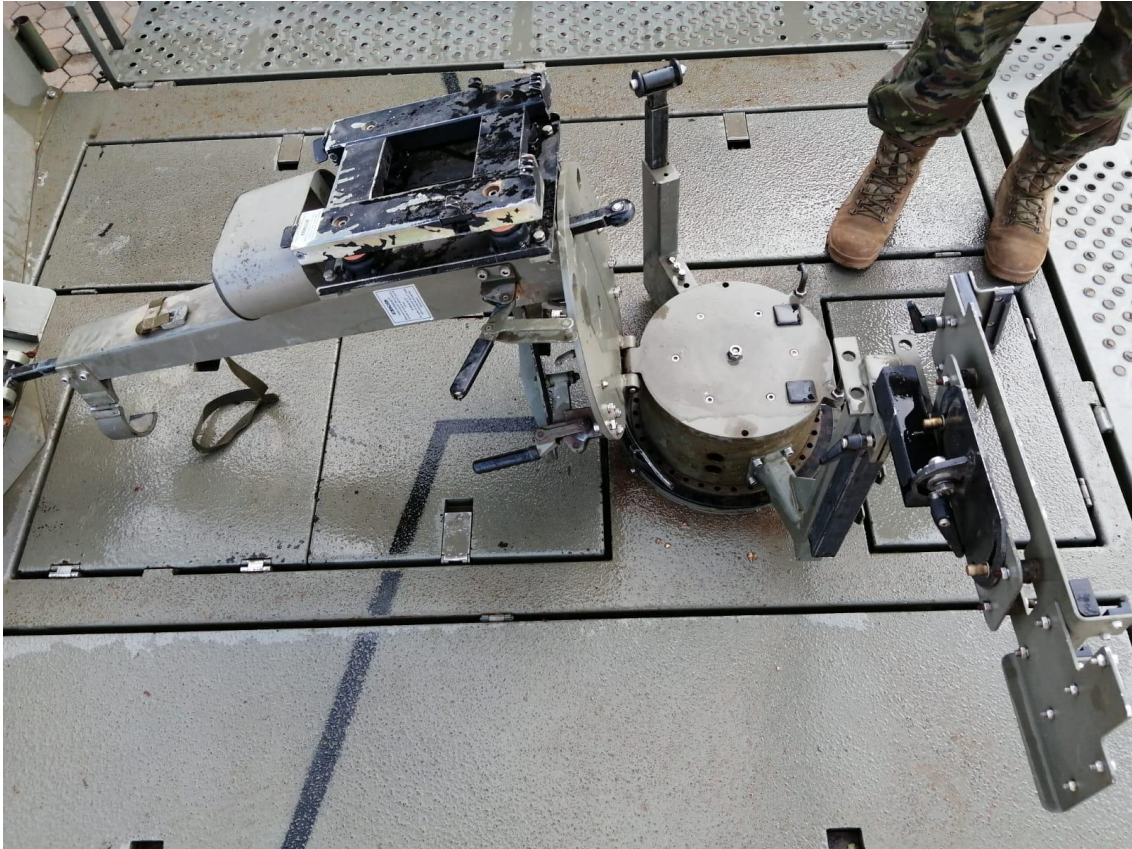
Podemos concluir, que la alternativa óptima para la elección del vehículo para instalarle el PT Mistral es el M-113 MILAN 2T con un 32% (véase Ilustración 15).

## Capítulo 4. Implementación del puesto de tiro.

### 4.1. Propuesta para la instalación del puesto de tiro

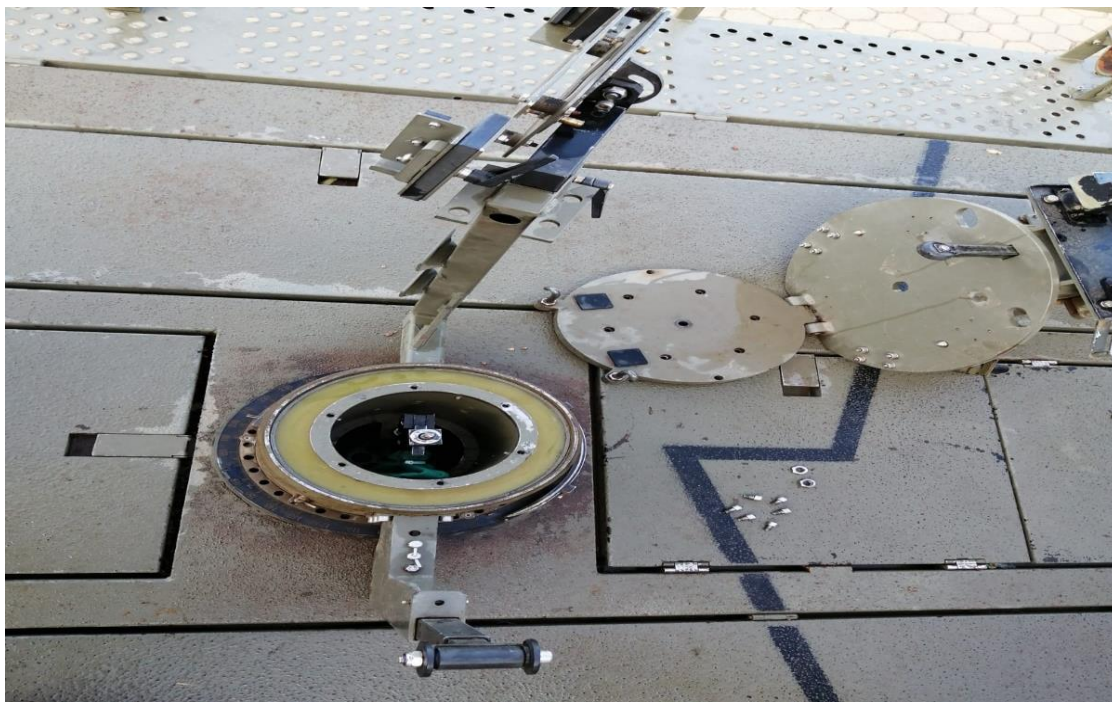
Ya hemos comentado con anterioridad la facilidad que resultaría la instalación del puesto de tiro en el M – 113 MILAN 2T, debido a ser un vehículo cadena que portaba ya otro sistema de armas como era en lanzagranadas.

Primero de todo, aquí tenemos el afuste del PT:



**Ilustración 8. Puesto de tiro Mistral**

En la foto podemos observar, que el puesto de tiro está montado sobre un afuste adherido sobre la barcaza del VAMTAC. Solamente tendríamos que liberar los tornillos para poder separar el PT de su afuste, y nos quedaría de la siguiente manera:



**Ilustración 9. Puesto de tiro desmontado**

Tendríamos por un lado el PT, y por otro lado, adherido a la barcaza, la corona graduada con el traductor angular. Por lo tanto, ya sería trabajo del cuarto escalón; es decir, ellos serían los encargados de desjuntar la corona graduada con el traductor angular y fusionarlo en la barcaza del M – 113 MILAN 2T.

Esta instalación sería bastante sencilla debido al nivel de preparación de nuestros especialistas y no supondría ningún desembolso adicional para el Ejército, debido a que tienen todo el material necesario para realizar dicho propósito y el coste que genera esta posible instalación sería el aumento de la carga de trabajo de los especialistas.

## **4.2. Análisis de riesgo**

Una vez propuesto una posible instalación del PT Mistral en un vehículo cadena y ver las conclusiones más viables, aparte de las vicisitudes encontradas, realizaré un análisis de riesgo para reducir los efectos de los mismos y hacer que la implementación del PT tenga una operatividad inmediata tras la instalación en el vehículo cadena.

En primer lugar, debemos llegar a que los riesgos Altos (2H/3H/3M) no deben exceder del 20% del total y que los riesgos considerados como medios (1M/2M/2L/3L)) no sean superiores al 50% de los totales debido a nada más acabar con la nueva implementación del PT en el vehículo cadena, se debería empezar a trabajar sin perder tiempo y recursos.

Asimismo, a continuación, podemos ver en la primera tabla, un compendio de los riesgos (según su riesgo e impacto) y en la segunda tabla se ve una concentración de los riesgos obtenido según su clase de riesgo.



<b>Probabilidad</b>	3	0	1	2
	2	1	2	2
	1	1	2	6
		Low	Medium	High
		Impacto		

Tabla 10. Matriz de riesgos

Clase de riesgo	Nr
Alto (rojo)	2
Alto - medio (naranja)	2
Medio (amarillo)	7
Bajo (verde)	0
<b>Total:</b>	<b>11</b>

Tabla 11. Clases de riesgos

Después de elaborar el análisis de riesgos, podemos llegar a la conclusión que tanto los riesgos altos como medios son el 36,36% de los riesgos totales.

Los riesgos altos, superan el límite impuesto. Esto nos quiere decir, que de primeras, las servidumbres que surgirían nada más realizar la implementación, no harían dicha combinación del PT y el vehículo cadena totalmente operativo para su uso inmediato. Por ello, deberíamos cambiar ciertos aspectos.

En la tabla de riesgos (véase Anexo B, Tabla 12), tenemos numerosos apartados, los cuales dos de ellos, nos muestran los riesgos que podrían surgir a la hora de tener un determinado riesgo y su correspondiente medida para su corrección. Con estas medidas, los especialistas del tercer escalón las tendrán en cuenta a la hora de la implementación del PT, para tener una operatividad del vehículo inmediata.

Podemos observar en la tabla de riesgos (véase Anexo B, Tabla 12) que para una buena implementación se necesita una buena instrucción del personal y constante mantenimiento. Por ejemplo, debemos poner máxima atención a los diferentes enlaces que tiene el PT. El PT tiene enlace directo con el JPN, la UCE o el RADAR, dependiendo de la forma de trabajo. Sin este enlace, el PT solo podría trabajar en autodefensa y no podría realizar sus misiones principales. Por ello, es muy importante esa instrucción de la que hemos hablado anteriormente, para que los operarios sepan utilizar al máximo los medios que tienen y saber resolver cualquier incertidumbre que pueda presentarse durante la maniobra y por supuesto, un buen mantenimiento para que el material no quede inoperativo.

Otro punto que podemos destacar a través de la tabla de riesgos, es el papel fundamental que juegan los especialistas del tercer escalón a la hora de realizar la integración del PT en el M – 113 MILAN 2T, debido a que si algún elemento a la hora de instalarlo falla, como es el cableado interno, o las conexiones de los PT, esta integración no sería operativa.

Por lo tanto, para evitar los peligros establecidos en la tabla de riesgos (véase en Anexo B Tabla 12), se han propuesto una serie de medidas que los reducirían a un nivel mucho más bajo. Asimismo, la clave para una reducción de riesgos sería realizando un buen mantenimiento, una buena instrucción y una buena implementación del PT

## Capítulo 5. Conclusiones

Aparte de los proyectos que se están realizando ahora como son el 8x8 o los NH – 90, nos encontramos el problema logístico que suponen estos vehículos cadenas. Por estas razones, a nivel económico, el autor de esta memoria piensa que este proyecto resultaría difícil de cumplirse.

Además, a nivel de modernizaciones o actualizaciones, el autor piensa que actualmente en nuestro Ejército, dentro del campo de la artillería antiaérea, el sistema Mistral, se ha quedado obsoleto, debido a que todavía estamos dotados con el Mistral 1 y comparándolo con otros Ejércitos punteros, como el Francés [11] o el Ruso, se encuentran ya el Mistral 3. Por lo tanto, si hablamos a nivel tecnológico, a la conclusión que se puede llegar es a la modernización de este sistema para poder cumplimentar cualquier vicisitud que pueda surgir actualmente en las zonas donde el Ejército se encuentra desplegado y no realizar actualizaciones del sistema mistral actual para intentar prolongar el ciclo de vida de dicho sistema.

Pero a pesar de las premisas anteriores, el material que tenemos actualmente es el Mistral 1 y hasta que lleguen los nuevos sistemas de armas, debemos trabajar para la mejora de este material.

Adentrándonos en un nivel operativo - táctico, no hay una alternativa mejor que ésta. El poder dotar a una batería mistral con estos vehículos cadenas, sería una revolución en toda regla para el mundo antiaéreo. El poder seguir la conducción de las unidades apoyadas a pesar de los terrenos irregulares que se puedan presentar, el poder portar una mayor cantidad de material (superando con creces los 7 misiles que caben en el actual vehículo), y personal, un incremento de la protección del material sensible además de la seguridad del personal, son necesidades básicas que altos rangos del Ejército llevan solicitando desde hace bastante tiempo.

Unas de esas necesidades era el incremento de la seguridad del vehículo. Para poder solucionar este problema, el autor en esta memoria junto a las opiniones de los expertos de la batería mistral, se ha propuesto la incorporación de un arma coaxial como podría ser la Browning 12,70. Esta medida nos traería grandes ventajas, aumentaríamos de manera exponencial la seguridad inmediata del vehículo, además que mejoraríamos de manera considerable la protección del conductor al no tener que salir para realizar él mismo la protección del vehículo, haciendo ocupar su puesto de manera constante y en consecuencia se incrementaría la velocidad de salida de posición.

Aparte de la actualización anterior, se ha realizado un compendio de las diferentes ventajas que producirían los vehículos cadenas, deducidas y obtenidas por la experiencia de los mandos de la batería mistral. Extrapolando dichas conclusiones al material que tenemos actualmente en el Ejército Español, el autor de la memoria llegó a la conclusión de realizar una comparativa entre los diferentes vehículos cadena (utilizando un análisis

---

de decisión multicriterio), y ver qué vehículo cumple con mayor exigencia los diferentes criterios establecidos.

Tras utilizar un método de jerarquización analítica, pudimos concluir de forma objetiva que el vehículo cadena M-113 MILAN 2T sería el óptimo para el cumplimiento de los diferentes criterios establecidos.

Este vehículo nos aportaría un incremento importantísimo si hablamos de seguridad y protección, aumentaríamos de forma considerable el volumen de capacidad de almacenamiento de material sensible,... Aparte, la instalación del puesto de tiro en este vehículo sería bastante factible aunque amentaría la carga de trabajo de nuestros especialistas.

Realizando un análisis de riesgo para la implementación de una posible instalación del PT, podemos ver cómo tras tener en cuenta una serie de riesgos que podrían poner en jaque la factibilidad del proyecto, se podrían solventar con una serie de medidas bastantes sencillas a realizar por el cuarto escalón y tener dicha instalación operativa de forma inmediata.

Para concluir, se considera una opción viable la instalación de un PT en el vehículo cadena M-113 MILAN 2T, apoyada por la experiencia de los mandos de la Brigada “Extremadura” XI.

## **5.1. Líneas Futuras**

Tras la realización de dicha memoria, surgió un tema de interés, que captó la atención de los mandos de la brigada, y fue una posible reorganización de las baterías mistrales.

Aunque actualmente, los vehículos cadena superan de forma operativa y táctica a los vehículos ruedas, no podemos olvidar que las ruedas nos ofrecen una ventaja muy importante. Esta ventaja es el bajo coste logístico que suponen dichos vehículos, además que por terrenos dotados para los vehículos rueda, son superiores a las cadenas.

Entonces, ¿por qué no se podría realizar una reestructuración de las baterías mistrales?

A una posible reestructuración nos referimos a que si la batería mistral consta de cuatro pelotones de puestos de tiro en la sección de lanzadores, lo que se podría hacer es dos pelotes sobre vehículos rueda y los otros dos sobre vehículos cadena. Así se podría solventar cualquier tipo de maniobra y se utilizaría o el pelotón sobre ruedas o sobre cadenas depende de la misión de la maniobra. Además de reducir considerablemente el mantenimiento de la sección si solo hubiese vehículos cadenas.



---

## Capítulo 6. Bibliografía

- [1] E. d. Tierra, «Sistema misil Mistral,» [En línea]: [http://www.ejercito.mde.es/materiales/artilleria\\_antiaerea/MISTRAL.html](http://www.ejercito.mde.es/materiales/artilleria_antiaerea/MISTRAL.html). [Último acceso: Septiembre 2019].
- [2] R. B. Martín, «Evolución del sistema de armas mistral,» 2014. [En línea]: <https://zaguan.unizar.es/record/30709/files/TAZ-TFG-2014-2216.pdf>.
- [3] «Vehículos ruedas o vehículos cadenas para las FAS,» 26 Noviembre 2016. [En línea]: [https://www.taringa.net/+militares\\_en\\_t/vehiculos-de-ruedas-o-de-cadenas-para-las-fas\\_t14tz](https://www.taringa.net/+militares_en_t/vehiculos-de-ruedas-o-de-cadenas-para-las-fas_t14tz). [Último acceso: Octubre 2019].
- [4] R. Ruiz, «Método Científico,» 2007. [En línea]: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [5] E. Español, «Brigada 2035,» [En línea]: [http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex\\_2035/index.html](http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex_2035/index.html). [Último acceso: Septiembre 2019].
- [6] E. Confidencial, «Defensa justifica la compra urgente de los 8x8: “Son una necesidad desde 2007”,» 11 Septiembre 2019.
- [7] M. González, «El País,» Noviembre 2018. [En línea]: [https://elpais.com/internacional/2018/11/18/actualidad/1542567868\\_126571.html](https://elpais.com/internacional/2018/11/18/actualidad/1542567868_126571.html).
- [8] «APTIE. Tecnologías e Industrias Estratégicas,» 14 Octubre 2019. [En línea]: <https://www.aptie.es/vehiculos-blindados-de-combate-cadenas-o-ruedas/>.
- [9] J. Esteve, «Eficiencia gracias a los engranajes,» *El Confidencial*, 18 Diciembre 2015.
- [10] A. Vázquez, «Herramienta de ayuda a la decisión (versión 1.01). VI Curso Superior de Logística de Materiales e Infraestructura.».
- [11] M. d. Artillería, «El empleo del Sistema Mistral en el Ejército Francés,» Junio 2010. [En línea]: [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/R/E/REVISTAS\\_PDF1153.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/R/E/REVISTAS_PDF1153.pdf). [Último acceso: Septiembre 2019].
- [12] B. Digital, «Escala de Saaty,» [En línea]: [http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-20552010002200003&lng=en&nrm=iso](http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-20552010002200003&lng=en&nrm=iso).

---

---

## Capítulo 7. Anexos

### 7.1. ANEXO A

#### 7.1.1. Encuesta A

Esta encuesta está destinada a los mandos de la 4ª batería del GACA XI (Batería Mistral) debido al estar en constante contacto con dicho sistema y por la experiencia que tienen.

Esta encuesta es anónima y servirá para la realización del TFG titulado “Sistema Mistral sobre Vehículo Cadena”, realizado por el Caballero Alferez Cadete Jorge Mateos Alejandre.

La presente encuesta, se realizará de forma online.

Enlace: <https://www.onlineencuesta.com/s/3f74f36>

#### 1. ¿Ve usted necesario un arma complementaria para la defensa del vehículo? \*

Número de participantes: 20

15 (75.0%): Sí, es muy necesario para mejorar la seguridad del vehículo y protección del conductor.

5 (25.0%): No haría falta, por ser función obligatoria del conductor.

**Ilustración 10. Pregunta 1 Encuesta A**

#### 2. En el caso de haber un arma complementaria con el puesto de tiro mistral, ¿usted ve factible que tengan un movimiento simbiótico? \*

Número de participantes: 20

16 (80.0%): Sí, así no perderíamos factores de tiro de ambos sistemas de armas.

4 (20.0%): No, mejor tener dos operadores para tener una mayor visibilidad sobre el terreno.

**Ilustración 11. Pregunta 2 Encuesta A**

---

3. ¿Usted antepondría el espacio del material al personal? \*

Número de participantes: 20

2 (10.0%): Material, al ser primera necesidad para poder combatir en un largo periodo de tiempo.

3 (15.0%): Personal, porque la seguridad de nuestros subordinados es lo más importante.

15 (75.0%): Ambos.

Ilustración 12. Pregunta 3 Encuesta A

4. ¿Usted prefiere un vehículo de cadenas con una gran potencia de fuego para enemigos terrestres, con una mayor firma térmica y acústica o un vehículo de silueta reducida, con menos radiación y con una menor potencia de fuego? \*

Número de participantes: 20

7 (35.0%): Mayor potencia de fuego con mayor firma térmica.

13 (65.0%): Menor potencia de fuego y menos firma térmica.

Ilustración 13. Pregunta 4 Encuesta A

5. ¿ Sería beneficioso para el sistema mistral depender del movimiento de un elemento externo? \*

Número de participantes: 20

3 (15.0%): Si, porque podríamos ganar tiempo en la adquisición de objetivos.

17 (85.0%): No, porque sería muy difícil enganchar a la amenaza aérea.

Ilustración 14. Pregunta 5 Encuesta A

### 7.1.2. Encuesta B

Esta encuesta está destinada a los mandos del GACA XI debido al estar en constante contacto a la hora de la planificación de las diferentes maniobras para el Sistema Mistral.

Esta encuesta es anónima y servirá para la realización del TFG titulado “Sistema Mistral sobre Vehículo Cadena”, realizado por el Caballero Alférez Cadete Jorge Mateos Alejandro.

#### Instrucciones

La siguiente encuesta se basa en la comparación de diferentes criterios seleccionados con anterioridad. A partir de la siguiente, que se les adjuntará al final de la encuesta, la escala de Saaty para indicar el grado de preferencia

- A. Arma complementaria al puesto de tiro mistral.
- B. Espacio del interior del vehículo.
- C. Mayor potencia de fuego.
- D. Menor firma térmica.

Para la realización de la encuesta, se les proporcionará una tabla con los diferentes criterios, donde usted utilizando la escala de Saaty para imponer un orden de preferencia.

Por ejemplo, si usted ve el criterio A (de arma complementaria) “fuertemente preferida” al criterio B (espacio del interior del vehículo), pondrá usted un 5 en la segunda fila, 3 columna.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida.	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

Ilustración 15. Escala de Saaty. [12]

---

TABLA PARA LA COMPARACIÓN DE CRITERIOS

	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

### 7.1.3. Encuesta C

Esta encuesta está destinada a los mandos del GACA XI debido al estar en constante contacto a la hora de la planificación de las diferentes maniobras para el Sistema Mistral.

Esta encuesta es anónima y servirá para la realización del TFG titulado “Sistema Mistral sobre Vehículo Cadena”, realizado por el Caballero Alférez Cadete Jorge Mateos Alejandro.

#### Instrucciones

La siguiente encuesta se basa en la comparación de diferentes alternativas (E, F, G H e I) para cada uno de los criterios seleccionados con anterioridad. Usando la escala de Saaty se indicará el grado de preferencia.

Los criterios son:

- A. Arma complementaria al puesto de tiro mistral.
- B. Espacio del interior del vehículo.
- C. Mayor potencia de fuego.
- D. Menor firma térmica.

Las alternativas son:

- E. M – 113 MILAN 2T
- F. M – 113 PORTAMORTEROS DE 120 MM
- G. M- 113 TOW
- H. M – 577 A2
- I. PIZARRO

Para la realización de la encuesta, se les proporcionará una tabla con los diferentes criterios, donde usted utilizando la escala de Saaty para imponer un orden de preferencia.

Por ejemplo, si usted en la tabla del Criterio A, ve que el la alternativa E (M-113 MILAN 2T) “es moderadamente preferida” a la alternativa F (M-113 PORTAMORTEROS DE 120 MM), se debe escribir un 3 en el cruce de ambas celdas.

Si la preferencia fuese inversa, se pondría 1/3.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida.	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

---

**TABLA DE COMPARATIVA ALTERNATIVAS – CRITERIOS**

<b>CRITERIO A</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
E					
F					
G					
H					
I					

<b>CRITERIO B</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
E					
F					
G					
H					
I					

<b>CRITERIO C</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
E					
F					
G					
H					
I					

<b>CRITERIO D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
E					
F					
G					
H					
I					



## 7.2. Anexo B

Tabla 12. Análisis de Riesgo

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida
1	Transporte de objetos sensibles	Técnico	Por tema de las vibraciones, podrían verse afectados los materiales sensibles a la hora de transportarlos	H	3	3H	Podrían no funcionar los materiales	Crear unos soportales asegurados para el transporte de los mismos	2M
2	Ataque enemigo combinado	Táctico	Que nos vengan enemigos tanto terrestres como aéreos	H	1	1H	Podrían neutralizar nuestro puesto de tiro	Tener un arma complementaria en el vehículo para batir zonas	1L
3	Transmisión del vehículo cadena	Técnico	Pérdida de potencia, debido a que se disipa a través del calor	M	2	2M	Pérdida de velocidad para el cambio de asentamientos y seguimiento de la maniobra	Una nueva cinemática que distribuye la potencia a través de un sistema de engranajes que permite eliminar el convertidor de par	1L
4	Barras de torsión	Técnico	La alta velocidad a la que va el vehículo conlleva grandes impactos en el vehículo	H	3	3H	Rotura de las barras de torsión y por ello más facilidad de desgarrar las cadenas	Dotar al vehículo de ballestas o amortiguadores hidráulicos	2M
5	Cansancio del personal	Táctico	Ser un puesto en constante estado de alerta	M	2	2M	Ineficaz a la hora de cumplimentar la misión	Planeamiento de turnos de descanso	1L
6	Instrucción nocturna	Táctico	Movimientos bruscos y la alta velocidad	L	2	3L	Inutilización del material sensible	Curso avanzado para conductores para transporte de materiales sensibles	1L
7	Acumulación de polvo	Táctico	Al realizar la conducción por terrenos irregulares, el PT se llena de polvo	M	3	3M	Inutilización del PT	Aumento del mantenimiento del vehículo	2L
8	Rotura del PT	Técnico	Movimientos bruscos y la alta velocidad	H	1	1H	Inutilización del PT	Reforzamiento en el afuste de los puestos de tiro	2L
9	Cableado exterior del PT	Técnico	Conectar el PT con el TI	H	2	2H	Enturbiar el cableado y posible fallo de enlace	Tener el cableado interno	1L
10	Error de enlace	Táctico	Señal débil a la hora de grandes despliegues	H	1	1H	Que la UCE no enlaza con los PT	Enlazar por cableado via datos	2L
11	No integración	Técnico	No poder integrar en el caso de haber un COAAS-M	M	2	2M	Puede que el COAAS-M no este modernizado	Implementar las mismas radios en ambos puestos	1L